# 海底地形探査装置を活用した港湾構造物調査の成果と装置の運用について

柿崎　慶治[1]・寺田　篤史[1]

[1]新潟港湾空港技術調査事務所　技術開発課　（〒951－8011　新潟市中央区入船町4丁目3778番地）

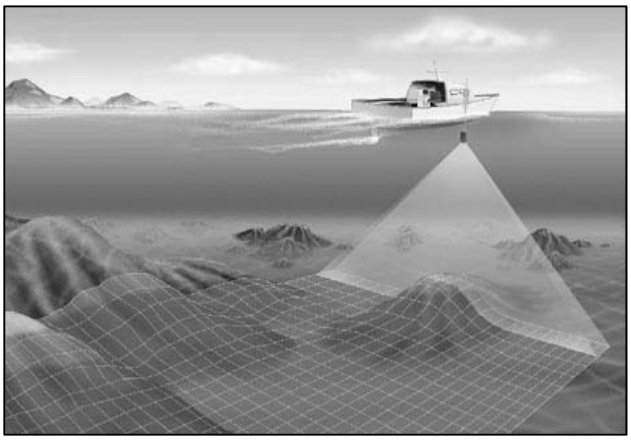
海上で行われる港湾構造物の建設や災害対応の現場では，水中の状況を正確に把握することが水中作業の精度や効率を確保する上で重要な要素となっている．近年，水中測量機器は機能や性能の向上が図られており，海底地形を面的に把握することができるマルチビーム測深機もその一つである．

本論文では，当事務所が所有する海底地形探査装置（マルチビーム測深機）を用いた職員直営による港湾構造物等水中状況調査の成果と，災害時の使用に備えた対応を含む装置の運用に関する取り組みについて報告する．

キーワード　海底地形探査，港湾構造物調査，マルチビーム測深機

## 1.　海底地形探査装置導入の目的

海底地形探査装置（マルチビーム測深機）は，図－１に示すとおり，扇状に広がる多素子の音響ビームにより細密且つ面的に水中の状況を把握することができる測量機器である．通常時には港湾構造物の水中状況把握による保全対策検討等への活用，災害時には被災現場の水中状況調査等において緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）の装備として使用することを目的としており，港湾業務艇による直営での使用を前提として，2012年から運用を開始している．



**図－１**　マルチビーム測量イメージ図

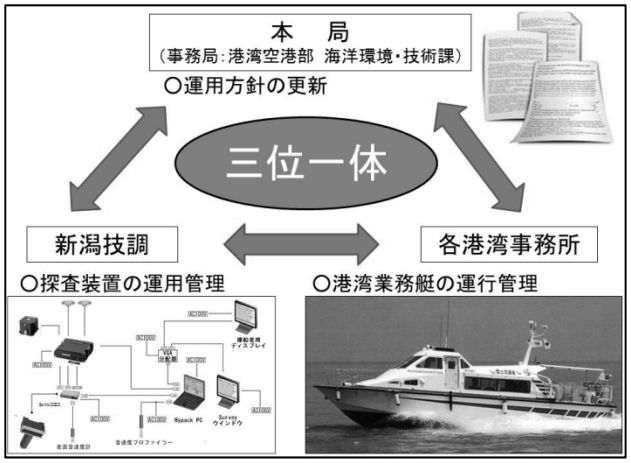
## 2.　運用体制の確立

本装置の直営による運用は，前例の無い新たな業務であったことから，まずは組織内の役割分担を定め，体制を構築する必要があった．本装置の導入時点では装置取扱の技能を持った職員はおらず，装置の取付に関しても不安定な船上で重量物を扱う作業を伴うなど，職員への教育・訓練が課題であった．また，装置が１台であることに対し，測量に使用する港湾業務艇は管内４事務所に計５隻が配備されており，各船毎の装置取付や船舶運航に関する各港湾事務所との連携も課題となった．

### (1)　運用方針の策定

まず，運用に関する全体の責任者を港湾空港部長と定め，目的，業務分担及び年間工程計画等を定めた「海底地形探査装置による測量運用方針（案）」（以下，「運用方針」という．）を作成の上，管内各事務所が本局に参集して開催される会議等の場で繰り返し説明し，目的の周知と意識の向上に努めた．

運用方針の作成にあたっては，当初から詳細な事項を全てまとめ上げるのではなく，最低限必要な事項のみ記載し，運用開始からの習熟段階に応じたＰＤＣＡサイクルにより運用方針自体を毎年更新する制度設計とした．初年度の運用方針のポイントは，装置を所管し測量を主導する新潟港湾空港技術調査事務所（以下，「新潟技調」という．）に役割を集中させず、組織全体で取扱の技能を高めることができるように配慮した点である．具体的には図－２に示すように，装置の運用を統括し，局内関係課と調整して運用方針の更新を行う本局海洋環境・技術課，装置の管理と操作を主体的に行う新潟技調，測量箇所立案，港湾業務艇の運航管理及び港長との調整・手続を行う各港湾事務所が三位一体となり業務を遂行する体制を構築した．

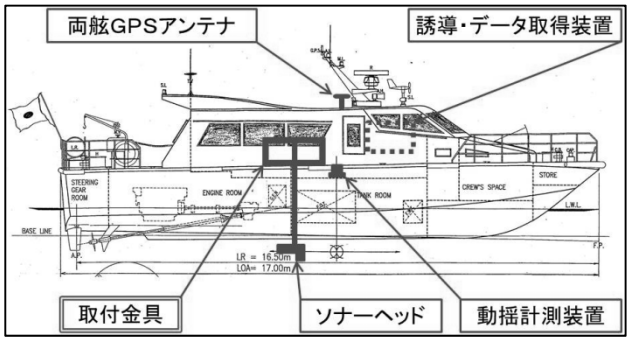



**図－２**　各組織の業務分担

### ⑵　取付金具の製作

装置を船舶に取付ける際には，固定用の金具が必要であり，特に，水中で音響ビームを発信するソナーヘッドは，測量精度を確保するため堅固に取付ける必要がある．管内の港湾業務艇の材質はＦＲＰ（強化プラスチック）製とアルミ製の２種類であるが，鉄製と異なり強度面で取付位置に制約がある．また，スクリューやウォータージェットが発する気泡が音響ビームに影響を及ぼすなどの課題もあったことから，測量機器メーカー及び造船所の意見を踏まえて各船毎に最適な取付位置の検討を行い，各船専用の取付金具を製作した．

代表的な例として，港湾業務艇「まつかぜ」の取付金具設置位置と各機器の配置を図－３に示す．



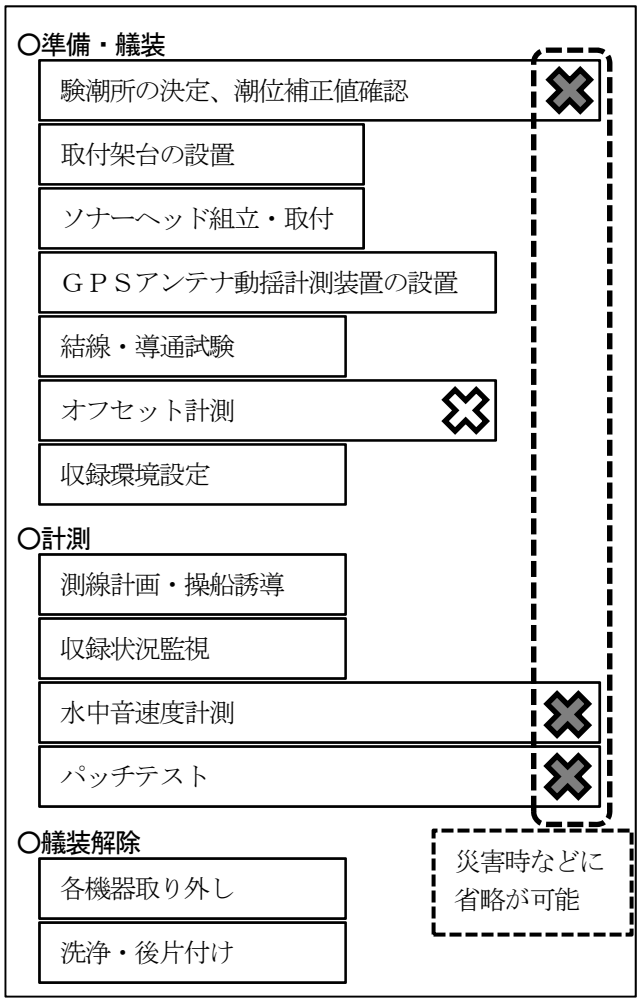

**図－３**　港湾業務艇への各機器設置位置図

### ⑶　測量・解析・図化要領の作成

各機器付属の取扱説明書のみでは，職員だけで船舶への取付や機器の操作を行うことは困難であり，また，測線誘導・データ取得装置と解析図化ソフトの操作画面が英語表示であることが困難度を高めていた．このことから，測量の補助，取扱講習会の開催及び詳細マニュアル（測量・解析・図化要領）の作成を行う業務を外注し，職員の技能向上と装置の操作性向上を図った．なお，取扱講習会では，特にTEC- FORCE隊員を優先して参加させることで，災害時の対応に必要な技能を早期に習得出来るよう配慮した．

## 3.　測量の実施

図－４に測量要領に基づく大まかな測量作業のフローを示す．これは測量を行う際の基本的な作業フローであり，取扱講習会を含め，通常使用の際にはこれらの項目について順を追って実施している．なお，災害の初動段階において速報性を優先させる場合には，×印のついた項目を省略することができる．この方法を取った場合，潮位の補正省略による水深値の精度，水中音速度（水温や塩分濃度により変化）の補正省略によるソナーと測量対象物との相対距離の精度，パッチテスト（船舶とソナーの傾きを補正）省略による測量の位置精度がそれぞれ低下するが，沈底物の有無など水中の状況を把握するには十分な成果が得られる．また，各機器間の相対距離を計測するオフセット計測についても，専用の取付金具等を製作し，各機器の設置場所を限定したことにより，その都度の計測を省略することが可能となっている．



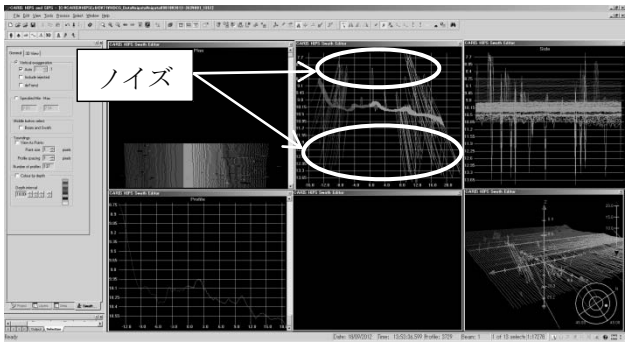

**図－４**　測量作業のフロー図

## 4.　解析・図化の実施

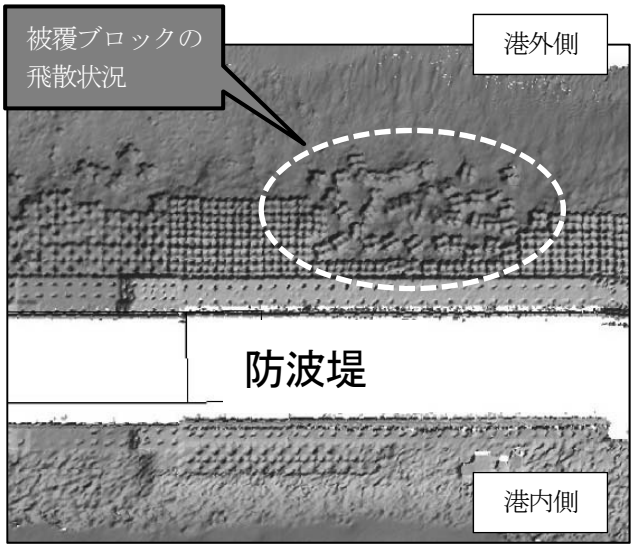
収録した測量データと各種計測結果を統合し，図化作業を行う．主な作業の流れは，解析・図化ソフトがインストールされたパソコンに測量データを取り込み，塩分

濃度及び水温により変化する水中音速度の補正と，時間経過により変化する潮位の補正を行い図化し，水中に浮遊しているゴミや音波の乱反射などのノイズを除去する手順となる．図－５に解析作業時のパソコン画面を示す．上段中央の表示は測線横断方向の断面図であり，左右に伸びる太い線が海底面で，その上下に走る細い縦の線がノイズである．複雑な構造物等である場合はノイズの判断が難しく，習熟には一定程度の経験が必要となる．また，ノイズの除去は，大まかな箇所は自動の設定で除去するが，細かな箇所は手動で行う必要があり，この作業には現地測量時間の３倍程度の時間を要する根気の必要な工程である．

解析作業を完了したデータを図化すると図－６のような図面となる．これは平面図の一例であるが，この他にも３Ｄ段採図や等深浅図など多様な図面が作成可能で，アングルの変更など自由度も高い．




**図－５**　解析作業の画面




**図－６**　解析作業完了後の図化画面

## 5.　測量成果の活用

### ⑴　通常時に行う測量

通常時に行われる測量の対象箇所は，運用方針の様式「海底地形測量実施計画書」により管理しており，目的，目標，実施期間等を明確にし測量成果が計画的且つ効果的に活用されるように考慮している．

活用の一例として，図－６では防波堤の港外側被覆ブロックの飛散状態が確認できるが，このように，海上からの目視では確認することができない港湾構造物の保全対策を平面的に把握して検討することが可能となり，設計へのフィードバックや，早期の対策によるライフサイクルコストの縮減が期待できる．

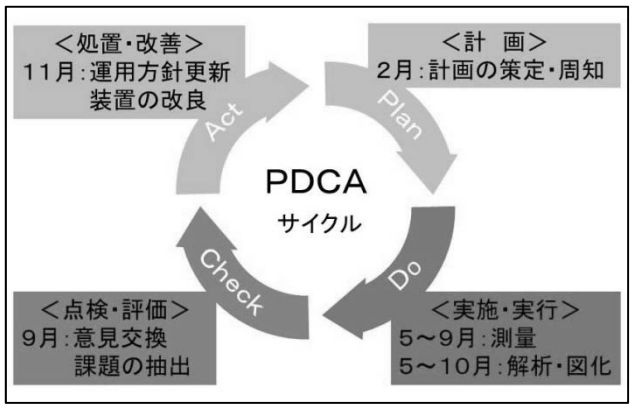
### ⑵　災害時に行う測量

本装置の運用開始後，幸いにも災害時の使用事例は生じていない．東北地方太平洋沖地震の際における事例では，津波による防波堤被災状況の確認にマルチビーム測深機が使用され，被災メカニズムの解明や復旧作業に寄与したところであり，本装置についても同様の活用を考えている．

なお，災害時には，短期間で確実に測量データを取得することが求められるため，通常時とは別に，測量技能者による支援を前提とした測量体制を構築することとした．これにあたり，当局と災害協定を締結している団体と意見交換を行い，東北地方太平洋沖地震の実績を踏まえて課題を整理し，当局所有の海底地形探査装置と港湾業務艇を使用して当局職員と災害協定締結団体の測量技能者がチームを組んで測量を行う方針を定めた．また，迅速な出動が可能となるよう，協定書に基づく「災害応急対策業務動員名簿」に，マルチビーム測深機の取扱技能を有する者の所属・氏名を記載することとした．

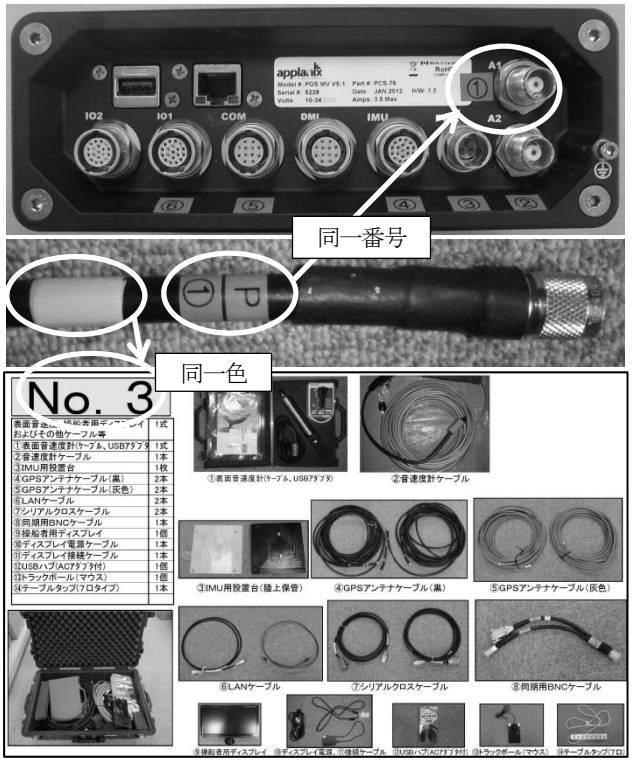
## 6.　運用で抽出された課題と対応

2. 運用体制の確立でも触れたとおり，本装置の運用にあたってはＰＤＣＡサイクルを活用し，１年間を図－７に示す１サイクルとして改善に努めている．具体には，毎年２月に年間測量計画を策定して各港湾事務所への周知を行い，この計画に沿って海象が穏やかな時期に測量を実施し，９月の点検・評価の段階において，測量や訓練の実施で得られた知見と職員へのアンケート結果から課題を抽出して，運用方針の更新や，装置取扱の容易性向上を図っている．以下に，その一例について紹介する．



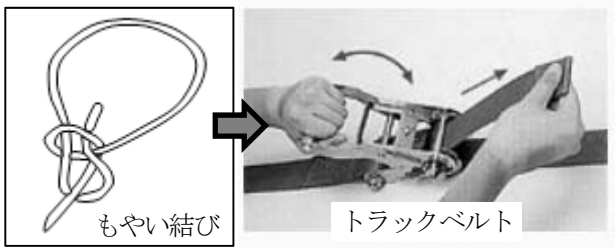

**図－７**　ＰＤＣＡサイクルを活用した年間運用計画

初年度に行われた取扱講習会のアンケートでは，「配線や機器の接続すら分からなかった」，「工具の充実や固定用ロープワーク技術の習熟が必要」など，測量の準備段階においても困難を生じていることが判明した．そこで，機器の接続が容易になるよう，図－８に示すように各機器と接続ケーブルそれぞれに着色テープで同一の番号を付け，視覚により作業できるよう改善した．また，後片付けについても，装置一式で１０個に及ぶ収納箱に６０点以上ある機器等を元通り収納する大変手間の掛かる作業であったため，保管箱の蓋に内容物が分かるような写真入りの一覧表（図－８下段参照）を貼り付け，作業の容易性と確実性を向上させた．さらに，各収納箱には個別の色を割り振り，機器に対応した着色テープを貼ることで，類似のものが多く混同しがちなケーブル類についても判別が容易となるよう工夫している．




**図－８**　取付・取り外しの工夫

このほか，ソナーヘッドの動揺防止としてソナーヘッドを船体にロープで固定する際には，図－９の「もやい結び」や「まき結び」などが有効であったが，ロープワークに習熟していない職員では緊張力を調整することが困難であったため，トラックベルトに変更し，作業の簡素化と確実性を向上させた．




**図－９**　ソナーヘッド固定方法の工夫

以上の対応を含め，各種の改善を重ねたことにより，2014年度以降は新潟技調の職員のみで装置一式の取付・取外しを行うことが可能な体制を確立しており，この体制を維持するための自主訓練（写真－１参照）を年２回程度開催している．

**写真－１**　自主訓練の様子

## 7. あとがき

本装置の運用による訓練や現地測量では，作業前ミーティング，ラジオ体操，ＫＹ活動から始まり，作業後は当日中に反省会を開いて意見交換を行っており，課題について職員各自が自ら考え，対応の検討にあたった．
また，取付作業中に付近を航行する船舶から生じる航跡波に対する警戒や，落下防止等に対する安全意識の保持のための職員相互の声掛けなど，チームワークが求められる場面が多く生じた．これら，直営による一連の作業を通じては，本装置の取扱に関する技能向上のみならず，若手技術職員の育成にも大いに寄与するところがあったと感じている．

本装置の運用については，機器類そのものの改善の余地や，使用する職員の習熟度向上など，幾つかの課題が残されている．測量の補助に力添えを頂いた測量業者の方からは，「とにかく実際に使用して慣れることが大事である」とのアドバイスを頂いており，実感として同様に感じているところである．今後も運用方針に基づき，効果的・効率的な港湾施設の整備及び保全と，災害に備えた早期対応体制の確保に寄与することができるよう，本装置の運用に関する改善に努め，本装置を継続して定期的に使用し続けることにより職員の取扱技能の維持・向上に取り組んで行きたいと考えている．